
СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

УДК 621.311:681.3

П.О. ЧЕРНЕНКО, О.В. МАРТИНЮК, В.О. МІРОШНИК

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ СУМАРНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯ ШНМ ТИПУ БАГАТОШАРОВИЙ ПЕРСЕПТРОН

*Інститут електродинаміки НАН України,
м. Київ, Україна,*

Анотація: В роботі проаналізована ефективність використання штучної нейронної мережі (ШНМ) типу багатошаровий перцептрон для вирішення задачі короткострокового прогнозування сумарного електричного навантаження (СЕН) електроенергетичної системи (ЕЕС) України. В результаті дослідження сформовано розширені навчальні вибірки даних для штучної нейронної мережі, що дозволяють моделювати вплив на СЕН технологічних, метеорологічних та астрономічних факторів, визначено її оптимальну архітектуру. Проведена оцінка ефективності мережі шляхом порівняння результатів, що отримані із використанням однакового набору вихідних даних на основі ШНМ та розробленої в Інституті електродинаміки НАН України адитивної математичної моделі (АММ) сумарного електричного навантаження ЕЕС.

Ключові слова: електроенергетична система, короткострокове прогнозування, штучна нейронна мережа, сумарне електричне навантаження.

ВСТУП

В практиці електроенергетичних систем (ЕЕС) найбільш часто розв'язується задача короткострокового прогнозування сумарного електричного навантаження (СЕН), за результатами якого вирішуються багато технологічних та економічних задач планування режимів ЕЕС. Актуальність цієї задачі посилюється у зв'язку з переходом об'єднаної електроенергетичної системи України від ринку єдиного покупця до ринку двосторонніх договорів та балансуючого ринку електричної енергії. Останнім часом для вирішення наведеної задачі використовується математичний апарат штучних нейронних мереж (ШНМ), зокрема мереж типу багатошаровий перцептрон. Ці мережі характеризуються високою апроксимаційною здатністю. Однак, на сьогодні існує небагато праць, у яких наведено аналіз переваг та недоліків класичних і новітніх методів прогнозування СЕН, і ще менше – де проведено порівняння результатів прогнозування, що отримані різними методами із використанням єдиної вибірки вихідних даних.

Метою даної роботи є порівняльний аналіз ефективності вирішення задачі короткострокового прогнозування СЕН ЕЕС із використанням ШНМ типу багатошаровий перцептрон та за допомогою адитивної математичної моделі СЕН, що побудована на основі формалізованих методів статистичного та регресійного аналізу.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

В якості еталонної моделі для порівняння ефективності використання ШНМ типу багатошаровий перцептрон прийнято адитивну математичну модель [1]. Дослідження ефективності ШНМ типу багатошаровий перцептрон для короткострокового прогнозування сумарного електричного навантаження проводилося на реальних даних Центральної регіональної енергосистеми України. Як вихідна інформація використовувались:

- ретроспективні дані про сумарне електричне навантаження за період з 01.01.07 по 31.08.08;
- значення температури повітря для 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 год доби;

- тип погоди у вигляді якісної оцінки (без опадів, дощ, сніг);
- час сходу та заходу сонця.

Для побудови моделі використовувався модуль для розробки штучних нейронних мереж пакету програм STATISICA.

В результаті проведеного дослідження сформовано вектор вхідних змінних для навчання мережі, який складався з таких елементів:

1. Значення потужності в час, що віддалений від точки прогнозу на 24, 25, 26, 48, 49, 50, 168, 169, 170 годин.
2. Номер дня в тижні, який кодувався одним вхідним нейроном, що приймав значення від 1 до 7.
3. Відхилення ефективної температури повітря між прогнозною годиною та температурою, що була 24 та 168 годин тому.

Розрахунок ефективної температури проводився з урахуванням певної затримки впливу температурного фактору на графік навантаження [1] за наступною формулою:

$$T_{ef} = \frac{T_{i-9} + T_{i-12} + T_{i-15} + T_{i-18}}{4}, \quad (1)$$

де i – година доби для якої проводиться прогноз; T_{ef} – ефективна температура для прогнозної години;

$T_{i-9}, T_{i-12}, T_{i-15}, T_{i-18}$ – значення температури повітря, що була за 9, 12, 15 та 18 годин відповідно до години i .

Слід відмітити, що для навчання мережі використовувалися тільки фактичні дані про температуру повітря. Визначення погодинної температури для всіх днів передісторії проводилося методом лінійної інтерполяції:

$$T_j = T_{k-3} \cdot \frac{k-j}{3} + T_k \left(1 - \frac{k-j}{3}\right), \quad (2)$$

де: T_j – значення температури о j -й годині ($j = 0..23$); T_k – значення температури з архіву температур у моменти часу k (0,3, 6, 9, 12, 15, 18, 21), що наступні за j – ю годиною. Тобто, $k-3 < j < k$.

4. Тип погоди закодовано одним вхідним нейроном, який міг приймати такі значення: 1 – без опадів, 2 – дощ, 3 – сніг.

5. Залежність добового графіку СЕН від пори року і світлової тривалості доби (астрономічний фактор) було враховано шляхом введення додаткового вхідного нейрона, яким кодувалось значення тривалості світлової частини доби у вигляді десятинного числа.

За допомогою автоматичного пошуку оптимальної архітектури мережі, який проводиться шляхом перебору мереж з різним числом нейронів прихованого шару та видом активаційних функцій, було обрано модель багатoshарового персептрону типу 14-25-1. Серед запропонованих в [2] активаційних функцій, для прихованого і вихідного шарів було прийнято експоненціальну функцію виду $y(x) = e^x$.

Порівняння результатів прогнозування на основі двох моделей (ШНМ і АММ) проводилося на тижневому інтервалі часу з 18.02.08 по 24.02.08. Обраний період характеризувався різкими коливаннями середньодобової температури в діапазоні від $+6.1^{\circ}\text{C}$ до -2.9°C , а також всіма типами погоди (сніг, дощ, без опадів), що сприяло перевірці надійності математичної моделі впливу на СЕН метеорологічних факторів. Результати прогнозування наведено на рис. 1.

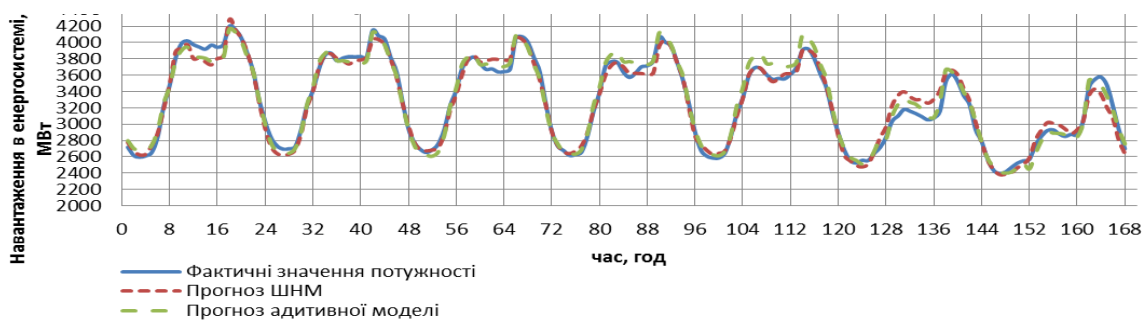


Рис. 1. Графіки фактичних та прогнозних значень сумарного електричного навантаження Центральної електроенергетичної системи України за період з 18.02.08 по 24.02.08

Статистичні характеристики похибок прогнозування погодинних значень електричного навантаження регіональної енергосистеми України на період з 18.02.08 по 24.02.08 наведена в табл. 1.

Таблиця 1.

Статистичні характеристики похибок прогнозування погодинних значень електричного навантаження регіональної енергосистеми України

Тип похибки	Всі дні		Робочі (пон.- пт.)	
	ШНМ	АММ	ШНМ	АММ
Середня похибка, MAPE [%]	1,95	1,88	1,45	1,90
Мінімальна похибка, [%]	0,01	0,03	0,01	0,03
Максимальна похибка, [%]	8,10	5,51	6,09	5,51
Середньоквадратична похибка, %	1,80	1,35	1,21	1,35

В табл. 2 наведено розподіл відносних похибок прогнозування, $|dP|$, %, СЕН регіональної електроенергетичної системи України за їх значенням. Загальний об'єм вибірки становить 168 годин.

Таблиця 2.

Розподіл відносних похибок прогнозування, $|dP|$, %, СЕН регіональної електроенергетичної системи України

Всі дні	ШНМ, %	АММ, %	$ dP $, %
	37,5	32,7	$ dP \leq 1$
	23,2	28,6	$1 < dP \leq 2$
	19,0	16,7	$2 < dP \leq 3$
	9,5	13,7	$3 < dP \leq 4$
	3,6	6,0	$4 < dP \leq 5$
	7,1	2,4	$5 < dP $
Робочі	0,8	3,3	$5 < dP $

ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження показали, що при прогнозуванні сумарного електричного навантаження Центральної електроенергетичної системи ОЕС України за робочі та вихідні дні модель АММ переважає за точністю та стабільністю результатів модель на основі ШНМ. Додатковим недоліком ШНМ типу багатосаровий перцептрон є наявність досить великої кількості похибок, які переважають 5%, що не відповідає вимогам експлуатації ЕЕС.

2. Найбільш суттєві похибки моделі на основі ШНМ припадають на вихідні дні, що свідчить про недостатнє врахування нейронною мережею тижневої нерівномірності СЕН ЕЕС.

3. Основними перевагами методу прогнозування СЕН ЕЕС на основі штучних нейронних мереж є простота їх використання та мінімальна витрата часу дослідника.

4. Подальші дослідження щодо підвищення ефективності використання ШНМ типу багатосаровий перцептрон для короткострокового прогнозування СЕН ЕЕС слід проводити в напрямі оптимізації об'єму та складу вихідних даних для навчання мережі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черненко П.О., Мартинюк О.В. Урахування впливу зовнішніх факторів у короткостроковому прогнозуванні електричного навантаження енергооб'єднання // Вісник Вінницького політехнічного інституту, Вінниця – 2012, № 1, с. 48-53.
2. С. Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

Надійшла до редакції 15.11.2013р.

ЧЕРНЕНКО ПАВЛО ОЛЕКСІЙОВИЧ – д.т.н., проф., провідний науковий співробітник, відділ моделювання електроенергетичних об'єктів і систем, Інститут електродинаміки НАН України, тел.: (044)-4542689, E-mail: cher@ied.org.ua, м. Київ, Україна.

МАРТИНЮК ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ – к.т.н., старший науковий співробітник, відділ моделювання електроенергетичних об'єктів і систем, Інститут електродинаміки НАН України, тел.: (044)-4542689, E-mail: samark@ukr.net, м. Київ, Україна.

МІРОШНИК ВОЛОДИМИР ОЛЕКСАНДРОВИЧ – аспірант, відділ моделювання електроенергетичних об'єктів і систем, Інститут електродинаміки НАН України, тел.: (044)-4542689, E-mail: vmiroshnik@inbox.ru, м. Київ, Україна.